

## **Metal sponge-like structure and method for making the same:**

Patent Number: EP0366018  
Publication date: 1990-05-02  
Inventor(s): MORGENSTERN RAINER DR MED; RABENING KLAUS DR RER NAT; POLSTER MANFRED; DANIEL PETER DOZ DR SC MED; KRYSMANN WALDEMAR DR RER NAT; KURZE PETER PROF DR SC NAT  
Applicant(s):: KARL MARX STADT TECH HOCHSCHUL (DD)  
Requested Patent: ☐ EP0366018, B1  
Application Number: EP19890119517 19891020  
Priority Number(s): DD19880320999 19881024; DD19880321000 19881024  
IPC Classification: A61F2/28 ; A61L27/00  
EC Classification: A61F2/28, A61F2/30L4, A61L27/04, A61L27/30, A61L27/56, B22F3/00F  
Equivalents: DE58904485D

### **Abstract**

The invention relates to a metal sponge-like structure of titanium or tantalum or alloys thereof and to a method for producing the metal sponge-like structure. The metal sponge-like structure is in the form of an open-cell wire-lattice structure, whose entire surface is microstructured and bioactive. The metal sponge-like structure serves as a bone replacement in emergency surgery and orthopaedics and becomes incorporated without connective tissue. The cavities can be filled completely or partially with resorbable biomaterials. The method for producing the metal sponge-like structure is used in medical technology and permits a patient-specific adaptation of a permanent implant in the form of a metal sponge-like structure also with differentiated density distribution made of high-melting reactive metals, which is obtained by remodelling, different perforation of the starting material or by different layer thickness.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(21) Anmeldenummer: 89119517.4

(51) Int. Cl. 5: **A61L 27/00 , A61F 2/28**

(22) Anmeldetag: 20.10.89

(30) Priorität: 24.10.88 DD 320999  
24.10.88 DD 321000

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
02.05.90 Patentblatt 90/18

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE CH DE FR GB IT LI NL SE**

(71) Anmelder: Technische Universität  
Karl-Marx-Stadt  
Postfach 964  
DDR-9010 Karl-Marx-Stadt(DD)

(72) Erfinder: Kurze, Peter, Prof. Dr. Sc. nat.  
Hauptstrasse 48  
DD-9109 Oberlichtenau(DD)  
Erfinder: Rabening, Klaus, Dr. rer. nat.  
Arthur-Bell-Str. 44  
DD-9116 Taura(DD)  
Erfinder: Morgenstern, Rainer, Dr. med.  
Enzmannstr. 15  
DD-9005 Karl-Marx-Stadt(DD)  
Erfinder: Krysmann, Waldemar, Dr. rer. nat.  
Fritz-Schmenkel-Str. 37  
DD-9071 Karl-Marx-Stadt(DD)  
Erfinder: Daniel, Peter, Doz. Dr. sc. med.  
Leipziger Strasse 175  
DD-9081 Karl-Marx-Stadt(DD)  
Erfinder: Polster, Manfred  
Kirchhoffstrasse 27  
DD-9030 Karl-Marx-Stadt(DD)

(74) Vertreter: Hansen, Bernd, Dr.rer.nat. et al  
Hoffmann, Eltie & Partner Patentanwälte  
Arabellastrasse 4 Postfach 81 04 20  
D-8000 München 81(DE)

(84) **Metallspongiosa und Verfahren zu ihrer Herstellung.**

**EP 0 366 018 A1**

(87) Die Erfindung betrifft eine Metallspongiosa aus Titanium oder Tantal oder deren Legierungen und ein Verfahren zur Herstellung von Metallspongiosa. Die Metallspongiosa liegt in Form einer offenzelligen Drahgitterstruktur vor, deren gesamte Oberfläche mikrostrukturiert und bioaktiv ist.

Die Metallspongiosa dient als Knochenersatz in der Unfallchirurgie bzw. Orthopädie und heilt bindegewebslos ein. Die Hohlräume können vollständig oder teilweise mit resorbierbaren Biomaterialien gefüllt sein.

Das Verfahren zur Herstellung von Metallspon-

giosa findet in der Medizintechnik Anwendung und gestattet eine patientenspezifische Anpassung eines Dauerimplantates in Form einer Metallspongiosa auch mit differenzierter Dichtverteilung aus hochschmelzenden reaktiven Metallen, die durch Umformvorgänge, unterschiedliche Perforierung des Ausgangsmaterials oder durch unterschiedliche Lagendichte erreicht wird.

# Metallsp ngi sa und V rfahren zu ihr r Herstellung

Die Erfindung betrifft eine Metallspongiosa aus Titanium oder Tantal oder deren Legierungen und ein Verfahren zu ihrer Herstellung. Die Metallspongiosaherstellung findet in der Medizintechnik Anwendung.

Die Metallspongiosa werden als Knochenersatz in der Humanmedizin verwendet.

Bekannt sind metallische Dauerimplantate aus bioinerten reinen Metallen bzw. deren Legierungen, die beispielsweise in Form von Gelenkprothesen in der Chirurgie Anwendung finden und deren fester Kontakt mit dem Knochen mit Hilfe von Knochenzement erfolgt.

Wegen der allmählichen Strukturveränderungen des Knochenzementes kommt es zur Auslokalisierung und zur Liegezeitverkürzung des Implantates. Aus diesem Grund werden zementfreie Implantat-Knochenverbindungen gewünscht. Bekannt hierzu sind die Oberflächen der Metallimplantate in geeigneter Weise zu strukturieren oder mit gitterförmigen Elementen zu ummanteln (AT-P 383268); wodurch eine formschlüssige Verankerung mit dem Knochengewebe ermöglicht werden soll. Besonders feste Implantat-Knochen-Verbunde sollen entstehen, wenn unregelmäßige offenzellige spongiosaähnliche Implantate oder Implantatoberflächen Anwendung finden, die eine trabekulären Einwuchs oder Durchwuchs von Knochen in das Implantat ermöglichen.

Nach Henßge (Focus MHL 2(1985)4, 1-8) sind Metallspongiosa Gußkörper aus Kobaltbasislegierungen, die als Solitärimplantate zur Stabilisierung, zu Fusionszwecken bzw. zur Oberflächenstrukturierung für Gelenkersatzimplantate entwickelt wurden. Es ist bekannt, daß bei der Verwendung von Kobaltbasislegierungen kein bindegewebsloser Kontakt mit den Knochen erreicht wird und es zu Abstoßungsreaktionen kommen kann. Außerdem ist die Herstellung der Metallspongiosa-Gußkörper technisch aufwendig und die Oberflächenreinheit ungenügend.

Es sind eine Reihe von Verfahren bekannt, poröse oder schwammartige metallische Körper zu erzeugen. Hierzu werden entweder flüssige heterogene Systeme geschaffen, wie beispielsweise Gemisch aus Gasen oder Salzen und der Metallschmelze, die man erstarren läßt und anschließend die nichtmetallische Phase wieder entfernt. Eine Übersicht über die bekannten Methoden gibt Fritsch, G. (Physik in unserer Zeit 15(1984)5).

So werden in den CH-P 660122 und CH-P 658987 beispielsweise Verfahren zur Herstellung von Knochenersatz beschrieben, die ausgehend von natürlichen oder künstlichen offenzelligen Modellen über aufwendige Arbeitsschritte ein Kernmo-

dell herstellen, dessen Hohlräume schließlich durch Gießen oder Schleudern mit Metall gefüllt werden und anschließend das Kernmaterial wieder entfernt wird. Diese Verfahrensweise hat neben dem großen Aufwand bei der Kernmodellherstellung und den vielen Verfahrensschritten vor allem den Nachteil, daß bei der Herstellung großvolumiger Implantate die Vollständigkeit der Entfernung des Kernmaterials nicht gewährleistet oder schlecht kontrolliert werden kann und daß bei Titanium oder Tantal bzw. deren Legierungen wegen der hohen Schmelzpunkte und der Reaktivität des Flüssigmetalls mit den Formmaterialien zusätzliche Komplikationen auftreten.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine hochfeste schwermetallfreie oder schwermetallarme Metallspongiosa, die über die gesamte Oberfläche mikrostrukturiert und bioaktiv ist und ein bindegewebsloses Einwachsen bzw. Durchwachsen des Knochengewebes fördert und ein Verfahren zur Herstellung von Metallspongiosa unter Ausschluß von Kernformmaterial zu schaffen.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß die Metallspongiosa in der erforderlichen Gestalt aus miteinander in regelmäßigen Abständen punktförmig und stoffschlüssig verbundenen, sowie unregelmäßig formschlüssig miteinander verschlauten, hochgradig kaltgeformten Drähten mit quadratischem oder rechteckigem Querschnitt aus Titanium oder Titaniumlegierungen, Tantal oder Tantallegierungen besteht, so daß ein Stützgerüst der Dichte von 50 bis 90 % der Dichte des Substratmaterials mit unregelmäßig strukturierten Zellen vorliegt. Die Zellen haben miteinander Verbindung, so daß der gesamte Implantatkörper einen unregelmäßig durchbrochenen Hohlraum besitzt, der allseitig durch unregelmäßig geformte Kanäle dem einwachsenden Knochengewebe zugänglich ist. Die Drähte haben einen Querschnitt bis 3 mm<sup>2</sup>. An Stelle von Drähten aus Reinformetall können auch biokompatible Legierungen, bsw. Ti6Al4V, Verwendung finden.

Die gesamte innere und äußere Metallspongiosaoberfläche ist mit einer bis zu 10 µm starken bioaktiven Schicht versehen, die metallseitig aus reinem Oxid des Substratmaterials besteht und in Richtung zum Hohlraum bzw. zur Umgebung ansteigende Mengen Kalziumphosphat bis zu einer Oberflächenkonzentration von 12 % enthält. Die bioaktive Schicht ist außerdem derart mikrostrukturiert, daß sich pro Quadratmillimeter mindestens 10<sup>4</sup> Poren mit einem Porendurchmesser > 1 µm und einer maximalen Porentiefe von 2/3 der Bioaktivschichtstärke vorhanden sind.

Die nach außen führenden Kanäle oder der

gesamte Hohlraum der Metallspongiosa können zusätzlich vollständig oder teilweise mit resorbierbaren Biomaterialien ausgefüllt sein.

Die Aufgabe der Herstellung wird dadurch gelöst, daß ein rhombenförmig perforiertes kaltverrecktes Blech, vorzugsweise aus Titanium, Tantal oder deren Legierungen, bsw. in der Form eines an sich bekannten Streckmetalldrahtgitters in dichter Packung entsprechend der gewünschten äußeren Form des Implantates gerollt, gewickelt und/oder gefaltet wird und diese Packung mittels eines Formwerkzeuges in einer Presse zuerst zu > 30 % in Richtung der Hauptausdehnung der Rhomben gestaucht wird, wonach in weiteren Kaltumformvorgängen die endgültige äußere Implantatformgebung erfolgt.

Ein weiteres Merkmal der Erfindung besteht darin, daß die Dichte der Metallspongiosa, die 50 % bis 90 % der Dichte des Titans oder der Titaniumlegierung bzw. des Tantal oder der Tantallegierung besitzt, nicht nur durch die Preß-Formgebung, sondern auch durch Einsatz eines unterschiedlich perforierten Bleches und/oder einer differenzierten Lagendichte erreicht wird. Das perforierte Blech wird vor dem Umformen bioaktiv oder bioinert beschichtet.

Die Vorteile der erfindungsgemäßen Lösung bestehen darin, daß eine Metallspongiosa mit quasiisotroper Metalldrahtgitterstruktur entsteht, die sich gegenüber gegossenen Metallgittern aus Titanium bzw. Tantal durch höhere Festigkeit und stark verminderte Kriechneigung auszeichnet.

Werden differenzierte Lagendichten oder unterschiedliche Perforierungen eingesetzt, so entstehen entsprechend differenzierte Dichteverteilungen in der Metallspongiosa, die beispielsweise zu randstabilisierten Implantatformkörpern führen und dem natürlichen Knochen sehr ähnlich sind. Außerdem ist es nicht nur möglich, vor dem formgebenden Pressen bioaktive oder bioinerte Schichten auf dem Metallsubstrat zu erzeugen, sondern auch resorbierbare Biomaterialien in loser Form mit beizugeben, die durch das formgebende Pressen form-schlüssig mit verankert werden und je nach Bedarf nach dem Pressen vollständig oder teilweise wieder entfernt werden können.

Im folgenden wird die Erfindung an zwei Ausführungsbeispielen erläutert. Figur 1 stellt die Struktur einer Metallspongiosa dar.

#### Ausführungsbeispiel 1

Ein rotationssymmetrisch geformter Metallspongiosa-implantatkörper für eine Defektüberbrückung an einem Röhrenknochen hat eine Gesamtlänge von 42 mm und gliedert sich in drei zylindrische Abschnitte, deren mittlerer 30 mm lan-

g Abschnitt einen Durchmesser von 18 mm aufweist, während die beiden 6 mm langen Enden einen Durchmesser von je 6 mm besitzen. Der Implantatkörper besteht aus einem Stützgerüst von Drähten 1 aus Reinstitanium mit rechteckigem Querschnitt von 0,5 mm mal 1 mm, welche jeweils im Abstand von 2 mm alternierend mit zwei anderen Drähten 1 stoffschlüssig über eine Länge von 1 mm verbunden sind, so daß zwei benachbarte Drähte 1 jeweils alle 5 mm verbunden sind und keine stoffschlüssig ungebundenen Drähte 1 auftreten.

Die jeweils 2 mm langen nicht stoffschlüssig verbundenen Drahtabschnitte sind in unregelmäßiger Weise umgeformt und miteinander verschlauft, so daß eine offenzellige Drahtgitterstruktur mit unregelmäßig geformtem Hohlraum vorliegt, welcher durch Kanäle 2 unterschiedlicher Form und Größe zugänglich ist. Die Dichte des Implantatkörpers, dessen Form durch mehrere Kaltumformungen erreicht wird, beträgt 56 % der Dichte des Reintitaniums. Die gesamte innere und äußere Oberfläche des Implantatkörpers trägt eine 5 µm dicke Titaniumoxidschicht, die an der Oberfläche 7 % Kalziumphosphat enthält. Rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen der Oberfläche zeigen auf einer Fläche von 1 mm<sup>2</sup> 2·10<sup>4</sup> Poren mit einem Mindestdurchmesser von 1 µm. Die Druckfestigkeit des Implantatkörpers beträgt > 300 N/mm<sup>2</sup>.

#### Ausführungsbeispiel 2

Zur Herstellung eines Metallspongiosaimplantatkörpers zur Defektüberbrückung an einem Röhrenknochen wird ein rhombenförmig perforiertes Blech in Form eines Streckmetalls aus EMO-Titan 110 mit folgenden Abmessungen: Breite 25 mm (gemessen in Richtung der Hauptausdehnung der Rhomben), Länge 46 mm (gemessen in Richtung der kurzen Diagonale der Rhomben), einer Maschenlänge von 6 mm (Abstand von Mitte Knotenpunkt zu Mitte Knotenpunkt in Richtung der langen Diagonale), einer Maschenbreite von 4 mm (Abstand von Mitte Knotenpunkt zu Mitte Knotenpunkt in Richtung der kurzen Diagonale), einer Stegbreite von 1 mm sowie einer Stegdicke von 0,5 mm in einem an Kalziumdihydrogenphosphat übersättigten wäßrigen Elektrolyten mit Hilfe der anodischen Oxidation unter Funkenentladung, bei ansteigender Spannung bis 250 V, beschichtet.

Der sorgfältig mit destilliertem Wasser gespülte und getrocknete Zuschnitt wird anschließend zu einem 8 mm dicken und 25 mm langen Zylinder gerollt und in einem mit Titaniumnitrid beschichteten Formwerkzeug in Richtung der Hauptausdehnung der Rhomben zu einem 10 mm langen Metallspongiosaimplantatkörper mit 8 mm Durchmes-

ser gestaucht. Im Anschluß daran wird der Implantatkörper nochmals im gleichen Elektrolyten nachbeschichtet. Die Dichte der so hergestellten Metallspongiosa beträgt  $2,6 \text{ g/cm}^3$ , das entspricht einem Hohlraum von 42 %. Die Druckfestigkeit beträgt > 300 N/mm<sup>2</sup>.

5

## Ansprüche

10

1. Metallspongiosa mit offenzelliger Struktur aus hochschmelzenden Metallen dadurch gekennzeichnet daß die Metallspongiosa in der erforderlichen Gestalt aus miteinander in regelmäßigen Abständen punktförmig und stoffschlüssig verbunden sowie unregelmäßig formschlüssig miteinander verschlachten hochgradig kaltverformten Drähten (1) aus Titanium oder Titaniumlegierungen, Tantal oder Tantallegierungen, mit quadratischem oder rechteckigem Querschnitt besteht, deren Oberfläche allseitig mit einer bis zu  $10 \text{ }\mu\text{m}$  starken bioaktiven Schicht versehen ist, die metallseitig aus reinem Oxid besteht und in Richtung zur Umgebung ansteigende Mengen an Kalziumphosphat bis zu einer Oberflächenkonzentration von 12 % enthält und in der Weise mikrostrukturiert ist, daß pro Quadratmillimeter mindestens  $10^4$  Poren mit einem Durchmesser >  $1 \text{ }\mu\text{m}$  und einer maximalen Porentiefe von 2/3 der Bioaktivschichtstärke vorhanden sind.

15

20

25

2. Metallspongiosa nach Patentanspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß die nach außen führenden Kanäle (2) oder der gesamte Hohlraum vollständig oder teilweise mit resorbierbaren Biomaterialien ausgefüllt sind.

30

3. Verfahren zur Herstellung von Metallspongiosa mit offenzelliger Struktur aus hochschmelzenden Metallen dadurch gekennzeichnet, daß ein rhombenförmig perforiertes kaltverstrecktes Blech, vorzugsweise aus Titanium, Tantal oder deren Legierungen in dichter Packung entsprechend der gewünschten äußeren Form des Implantates gerollt, gewickelt und locker gefaltet wird und diese Packung mittels eines Formwerkzeuges zuerst zu > 30 % in Richtung der Hauptausdehnung der Rhomben gestaucht wird und die endgültige äußere Implantatformgebung durch weitere Kaltumformvorgänge erfolgt.

35

40

45

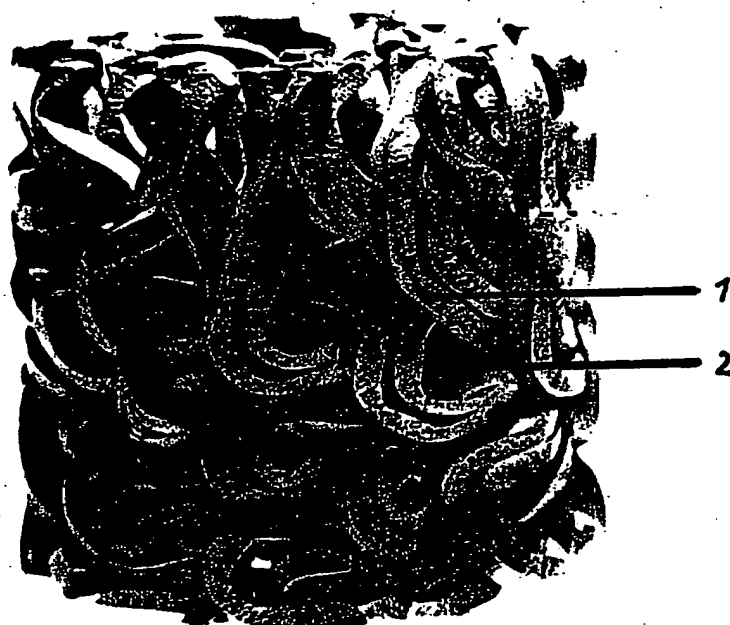
4. Verfahren nach Patentanspruch 3 dadurch gekennzeichnet, daß die Dichte der Metallspongiosa, die 50 % bis 90 % der Dichte des Titans oder der Titaniumlegierung bzw. Tantal oder der Tantallegierung besitzt, durch Einsatz eines unterschiedlich perforierten Bleches und/oder einer differenzierten Lagendichte erreicht wird.

50

5. Verfahren nach den Patentansprüchen 3 und 4 dadurch gekennzeichnet, daß das perforierte Blech vor dem Umformen bioaktiv oder bioinert beschichtet wird.

55

*Fig. 1*





Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 89 11 9517

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. CL5)
A	EP-A-0 237 053 (TECHNISCHE UNIVERSITÄT KARL-MARX-STADT) * Anspruch 1 *	1	A 61 L 27/00 A 61 F 2/28
A	DE-A-2 910 627 (SCHÜTT) * Ansprüche 1,2 *	1	
D,A	GB-A-2 093 701 (SCHÜTT) * Anspruch 1; Seite 2, Zeilen 5-10 *	1	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. CL5)
			A 61 L A 61 F
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 18-12-1989	Prüfer PELTRE CHR.
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument A : technologischer Hintergrund Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer andern Veröffentlichung derselben Kategorie X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet P : Zwischenliteratur	

EP 0 FORM 1503 03.82 (P0403)